

**SISTEM PENDETEKSI PENGHALANG DIAM MENGGUNAKAN METODE
PYRAMIDAL LUCAS KANADE OPTICAL FLOW DENGAN PUSTAKA OPENCV**

oleh

Sukra Bambang Wahyu Tri Hatmaja

NIM : 612008023



Skripsi

Untuk melengkapi salah satu syarat memperoleh

Gelar Sarjana Teknik

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknik Elektronika dan Komputer

Universitas Kristen Satya Wacana

Salatiga

2014



PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sukra Bambang Wahyu Tri Hartmaja

NIM : 612008023 Email : zocher8@gmail.com

Fakultas : Teknik Elektronika dan Komputer Program Studi : Teknik Elektro

Judul tugas akhir : Sistem Pendeteksi Penghalang Diam Menggunakan Metode
Pyramidal Lucas Kanade Optical Flow Dengan Partikel OpenCV

Pembimbing : 1. Saptadi Nugroho, M.Sc.
2. Dr. Iwan Setyawan

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Hasil karya yang saya serahkan ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar kesarjanaan baik di Universitas Kristen Satya Wacana maupun di institusi pendidikan lainnya.
2. Hasil karya saya ini bukan saduran/terjemahan melainkan merupakan gagasan, rumusan, dan hasil pelaksanaan penelitian/implementasi saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan pembimbing akademik dan narasumber penelitian.
3. Hasil karya saya ini merupakan hasil revisi terakhir setelah diujikan yang telah diketahui dan disetujui oleh pembimbing.
4. Dalam karya saya ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali yang digunakan sebagai acuan dalam naskah dengan menyebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya. Apabila di kemudian hari terbukti ada penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya saya ini, serta sanksi lain yang sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Universitas Kristen Satya Wacana.

Salatiga, 11 Agustus 2014



Tanda tangan mahasiswa

Sukra Bambang Wahyu Tri Hartmaja



PERNYATAAN PERSETUJUAN AKSES

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sukra Bambang Wahyu Tri Hatmaja
NIM : 612008023 Email : zocker8@gmail.com
Fakultas : Teknik Elektronika dan Komputer Program Studi : Teknik Elektro
Judul tugas akhir : Sistem Pendeteksi Penghalang Diam Menggunakan Metode
Pyramidal Lucas Kanade Optical Flow Dengan Rustaka OpenCV

Dengan ini saya menyerahkan hak *non-eksklusif** kepada Perpustakaan Universitas – Universitas Kristen Satya Wacana untuk menyimpan, mengatur akses serta melakukan pengelolaan terhadap karya saya ini dengan mengacu pada ketentuan akses tugas akhir elektronik sebagai berikut (beri tanda pada kotak yang sesuai):

- ☒ a. Saya mengizinkan karya tersebut diunggah ke dalam aplikasi Repositori Perpustakaan Universitas, dan/atau portal GARUDA
- ☐ b. Saya tidak mengizinkan karya tersebut diunggah ke dalam aplikasi Repositori Perpustakaan Universitas, dan/atau portal GARUDA**

* Hak yang tidak terbatas hanya bagi satu pihak saja. Pengajar, peneliti, dan mahasiswa yang menyerahkan hak non-eksklusif kepada Repositori Perpustakaan Universitas saat mengumpulkan hasil karya mereka masih memiliki hak copyright atas karya tersebut.

** Hanya akan menampilkan halaman judul dan abstrak. Pilihan ini harus dilampiri dengan penjelasan/ alasan tertulis dari pembimbing TA dan diketahui oleh pimpinan fakultas (dekan/kaprodi).

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Salatiga, 11 Agustus 2014

Sukra Bambang Wahyu Tri Hatmaja
Tanda tangan & nama terang mahasiswa

Mengetahui,

Saptadi Nugroho, M.Sc.
Tanda tangan & nama terang pembimbing I

Dr. Iwan Setyawan
Tanda tangan & nama terang pembimbing II

**SISTEM PENDETEKSI PENGHALANG DIAM MENGGUNAKAN METODE
PYRAMIDAL LUCAS KANADE OPTICAL FLOW DENGAN PUSTAKA OPENCV**

oleh

Sukra Bambang Wahyu Tri Hatmaja

NIM : 612008023

Skripsi ini telah diterima dan disahkan
Untuk melengkapi salah satu syarat memperoleh

Gelar Sarjana Teknik

dalam

Konsentrasi Teknik Komputer

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknik Elektronika Dan Komputer

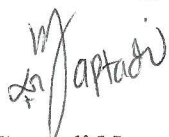
Universitas Kristen Satya Wacana

Salatiga

1956

Disahkan oleh

Pembimbing I



Saptadi Nugroho, M.Sc.

Tgl. 24 Juni 2014

Pembimbing II



Dr. Iwan Setyawan

Tgl. 24/6/14

INTISARI

Penggunaan kamera sebagai sensor pada robot merupakan salah satu bentuk implementasi dari *computer vision*. Kamera yang terpasang pada robot tersebut berfungsi sebagai sumber data berupa citra digital yang menggambarkan keadaan di sekitar robot. Citra digital tersebut kemudian diolah oleh suatu sistem sehingga didapatkan informasi mengenai keberadaan penghalang yang berpotensi mengganggu laju dari robot.

Sistem pendeteksi penghalang diam yang diimplementasikan dalam skripsi ini menggunakan metode *Pyramidal Lucas Kanade Optical Flow* dengan masukan berupa citra *greyscale* yang diperoleh dari kamera atau *video file*. Sistem ini dibangun menggunakan pustaka dari OpenCV. Sebagai parameter masukan untuk kalkulasi *optical flow* digunakan titik *corner* yang merupakan hasil dari *corner detection* menggunakan metode *Shi-Tomasi Corner Detection*. Hasil dari kalkulasi *optical flow* diolah menjadi nilai *Time To Contact* (TTC) yang digunakan untuk memperkirakan jarak robot dengan penghalang. Sistem ini menggunakan metode *Time History Obstacle Detection* untuk mengatasi terjadinya kesalahan deteksi pada beberapa *frame* tertentu. Sistem yang dibuat juga mampu memberikan respon terhadap hasil pendeteksian dengan menampilkan indikator arah.

Berdasarkan hasil dari beberapa pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi penghalang diam yang bertekstur, baik di lingkungan yang nyata maupun di lingkungan buatan atau simulasi. Rata – rata waktu yang diperlukan untuk kalkulasi *optical flow* adalah 8 ms dan ini berbanding lurus dengan peningkatan jumlah titik *corner* yang digunakan sebagai parameter masukan. Secara keseluruhan, sistem dapat bekerja dengan rata – rata total waktu eksekusi yang diperlukan tiap *frame* sebesar 31 ms. Sistem dapat mendeteksi penghalang diam pada lingkungan dengan intensitas cahaya sebesar 22 lx sampai dengan 400 lx.

Kata kunci : sistem pendeteksi penghalang diam, *Pyramidal Lucas Kanade Optical Flow*, *Shi-Tomasi Corner Detection*, *Time To Contact*, *Time History Obstacle Detection*

ABSTRACT

Cameras as sensors on robot is a form of computer vision implementation. Camera which mounted on the robot, serves as a data source in the form of digital image that describes the environs of the robot. Then the digital image processed by a system to get information about the existence of an obstacle that getting in the way of the robot.

Motionless obstacle detection system implemented in this final project is using Lucas Kanade Pyramidal Optical Flow methods and the greyscale image obtained from a camera or video files is used as system input. The system is built using OpenCV library. Corner point which is the result of corner detection using Shi-Tomasi Corner Detection is used as input parameters for optical flow calculation. The results from optical flow calculation is processed into Time to Contact (TTC) value that used to estimate the distance of the robot to the obstacle. This system uses Time History Obstacle Detection methods to resolve false detection on some specific frame. Detection response of the system is by displaying indicators of direction.

The system testing results indicate that the system is able to detect the textured motionless obstacle, both in the real scene and the artificial or simulated environment. The average of optical flow calculation time is 8 ms and its value is directly proportional to the increase in the number of corner points that used as input parameters. The average of total execution time of the system required for each frame is 31 ms. The system can detect motionless obstacle in environments with light intensity value from 22 lx to 400 lx.

Keywords : *motionless obstacle detection system, Pyramidal Lucas Kanade Optical Flow, Shi-Tomasi Corner Detection, time to contact, time history obstacle detection*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan kasih karunia dan rahmat-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini tidaklah dapat terselesaikan tanpa bantuan, bimbingan, dan motivasi dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Kedua orang tua penulis, Bambang Wirawan dan Siti Djin Handajani beserta kakak – kakak penulis yang tercinta atas dukungan dan motivasi yang telah diberikan.
2. Bpk. Saptadi Nugroho, M.Sc. selaku Pembimbing I dan Bpk. Dr. Iwan Setyawan selaku Pembimbing II yang telah bersedia membagikan ilmu dan pengalamannya untuk pembuatan skripsi ini.
3. Edwin C. Mone yang telah memberikan banyak informasi dan bantuan terkait penulisan skripsi, Reva Diaz A. yang memberikan bantuan dalam mencetak dokumen skripsi, dan Andreas Kristianto yang telah bersedia meminjamkan alat untuk pengujian serta teman – teman FTEK angkatan 2008 yang lain yang selalu memberikan dukungan dan motivasi.
4. Kakak – kakak angkatan dan adik – adik angkatan di FTEK atas kebersamaan, semangat dan dukungannya.
5. Seluruh dosen, staff, dan laboran FTEK atas ilmu dan bantuan yang telah diberikan.
6. Pihak – pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

"Tiada gading yang tak retak", begitu pula penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Akan tetapi, penulis menaruh harapan kepada penulisan skripsi ini agar bisa dibaca, bermanfaat, dan dapat dikembangkan oleh pihak – pihak lain serta mampu menjadi berkat bagi yang membutuhkannya.

Salatiga, 25 Juni 2014

Penulis

DAFTAR ISI

INTISARI	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMBANG	ix
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Tujuan	2
1.3. Gambaran Sistem	2
1.4. Spesifikasi Sistem	3
1.5. Garis Besar Penulisan	3
BAB II. DASAR TEORI	4
2.1. Konversi Citra Digital RGB ke <i>Greyscale</i>	4
2.2. <i>Optical Flow</i>	4
2.2.1. <i>Pyramidal Lucas Kanade Optical Flow</i>	5
2.3. <i>Corner Detection</i>	7
2.4. OpenCV	8
2.5. <i>V-Rep Robot Simulator</i>	8
2.6. XML	9
BAB III. PERANCANGAN	10
3.1. Inisialisasi Sistem	11
3.2. Pengambilan Frame Citra	12
3.3. <i>Corner Detection</i>	13
3.4. Kalkulasi <i>Optical Flow</i>	14
3.5. <i>Obstacle Detection</i>	18
3.5.1. <i>Time To Contact</i>	18
3.5.2. Tingkat Deteksi Penghalang	19
3.5.3. <i>Time History Obstacle Detection</i>	19

3.6. Indikator	20
3.6.1. Indikator Tingkat Deteksi	20
3.6.2. Indikator Arah	20
3.7. <i>Recording System</i>	22
BAB IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS	23
4.1. Pengujian Simulasi	23
4.2. Pengujian Fisik	26
4.2.1. Pengujian Waktu Deteksi	27
4.2.2. Pengujian Jarak Aman Terhadap Penghalang	30
4.2.3. Pengaruh <i>Smoothing</i> Citra Pada Proses Deteksi	32
4.2.4. Pengujian Jenis Penghalang	33
4.2.5. Pengujian Di Luar Ruangan	36
4.2.6. Pengaruh Intensitas Cahaya Terhadap Proses Deteksi	37
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	38
5.1. Kesimpulan	38
5.2. Saran	38
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN A. TABEL HASIL PENGUJIAN	41
LAMPIRAN B. SOURCE CODE PROGRAM	43

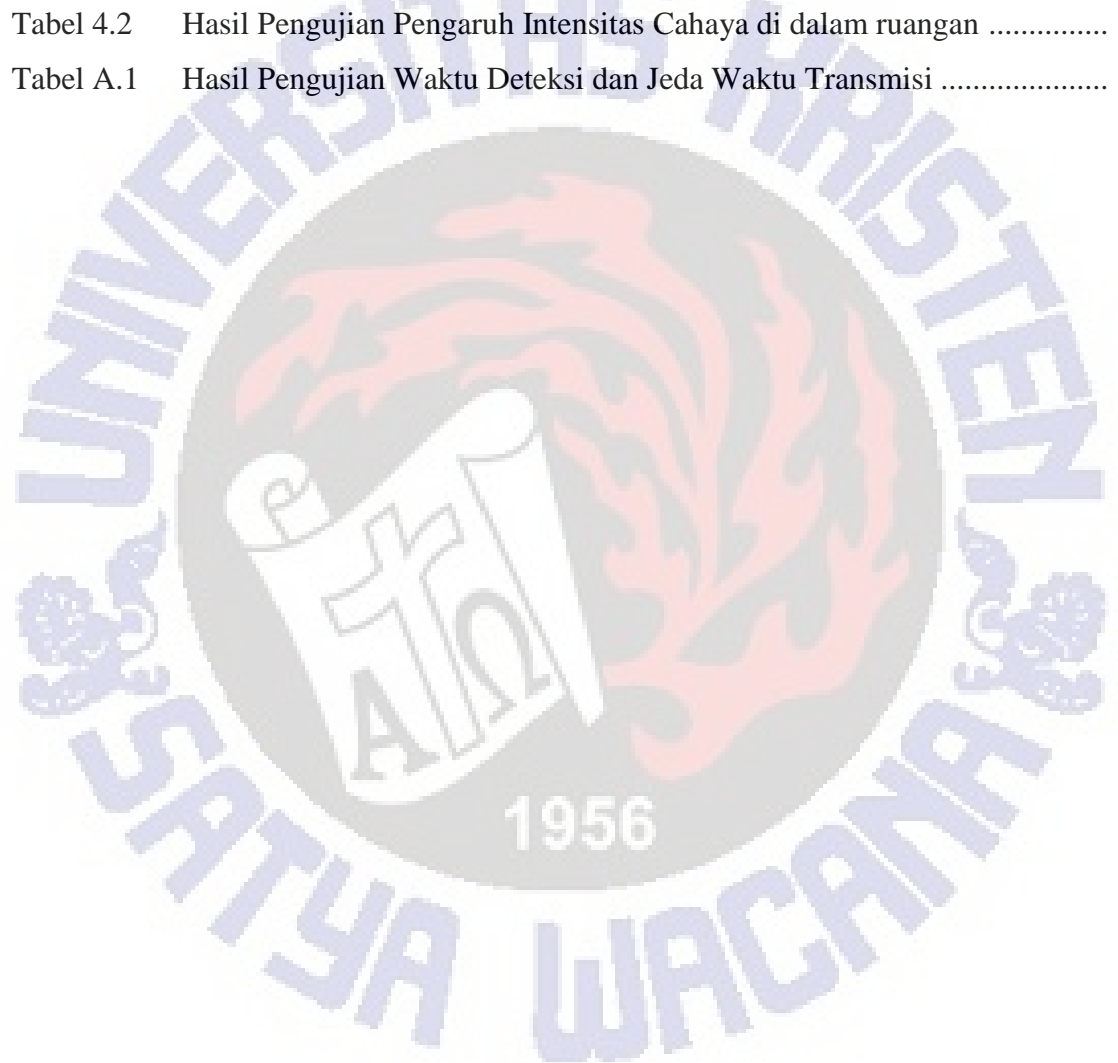
DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Diagram Blok Sistem	2
Gambar 2.1	<i>Optical flow</i> pada <i>observer</i> berupa lalat yang terbang berputar	4
Gambar 2.2	Gambaran <i>Pyramidal Lucas Kanade Optical Flow</i>	7
Gambar 2.3	Gambaran nilai <i>R</i> pada metode <i>Shi-Tomasi Corner Detection</i>	8
Gambar 2.4	<i>Framework</i> dari <i>V-REP Robot Simulator</i>	9
Gambar 3.1	Diagram alir sistem	10
Gambar 3.2	Gambaran konfigurasi ROI	11
Gambar 3.3	Gambaran FOE (titik hitam) dari beberapa vektor <i>velocity</i> (titik biru) ..	14
Gambar 3.4	Gambaran vektor <i>velocity</i> dan FOE	15
Gambar 3.5	Gambar vektor <i>velocity</i> tanpa <i>rejection</i>	16
Gambar 3.6	Gambar vektor <i>velocity</i> dengan hanya <i>rejection magnitude velocity</i>	17
Gambar 3.7	Gambar vektor <i>velocity</i> dengan <i>rejection magnitude velocity</i> dan sudut vektor <i>velocity</i> terhadap FOE	17
Gambar 3.8	Gambar vektor <i>velocity</i> dengan <i>rejection</i> dan ROI	18
Gambar 3.9	Gambaran metode <i>time history obstacle detection</i>	19
Gambar 3.10	Implementasi sistem dengan indikator tingkat deteksi dan indikator arah pada lingkungan <i>V-REP Robot Simulator</i>	21
Gambar 3.11	Implementasi sistem dengan indikator tingkat deteksi dan indikator arah di luar ruangan	22
Gambar 3.12	<i>Window</i> konfigurasi mode kompresi video	22
Gambar 4.1	Tampilan awal jalannya program	23
Gambar 4.2	Tampilan sistem mendeteksi ada vektor flow pada ROI <i>Right</i>	23
Gambar 4.3	Tampilan sistem mendeteksi pada ROI <i>Right</i> ada obyek yang dekat sedangkan ROI <i>Left</i> ada obyek yang agak jauh dengan robot	24
Gambar 4.4	Tampilan sistem mendeteksi pada ROI <i>Left</i> ada obyek yang dekat sedangkan ROI <i>Right</i> ada obyek yang agak jauh dengan robot	24
Gambar 4.5	Tampilan sistem mendeteksi pada ROI <i>Right</i> ada obyek yang dekat dengan robot	24
Gambar 4.6	Tampilan sistem mendeteksi obyek pada ROI <i>Right</i> dan ROI <i>Center</i> ...	25

Gambar 4.7	Tampilan sistem mendeteksi pada ROI <i>Center</i> terdapat obyek yang mengganggu laju robot dan respon berupa indikator arah	25
Gambar 4.8	Gambar proses deteksi pada <i>frame</i> ke-61 dari pengujian simulasi	25
Gambar 4.9	Grafik nilai <i>time to contact</i> dari proses deteksi pada <i>frame</i> ke-61 dari pengujian simulasi	26
Gambar 4.10	Kamera <i>usb webcam Logitech C110</i>	27
Gambar 4.11	Robot RC Tank yang digunakan dalam pengujian sistem	27
Gambar 4.12	Pengujian waktu deteksi dengan citra dari kamera langsung terhubung ke laptop (a) menggunakan program uji 1 dan (b) menggunakan program uji 2	28
Gambar 4.13	Pengujian waktu deteksi dengan citra dari kamera pada robot ke laptop (a) menggunakan program uji 1 dan (b) menggunakan program uji 2	28
Gambar 4.14	Grafik hasil pengujian waktu deteksi dengan citra dari kamera langsung terhubung ke laptop	29
Gambar 4.15	Grafik hasil pengujian waktu deteksi dengan citra dari kamera pada robot ke laptop	29
Gambar 4.16	Grafik waktu eksekusi fungsi <code>calcOpticalFlowPyrLK()</code> terhadap jumlah titik <i>corner</i> hasil <i>corner detection</i>	30
Gambar 4.17	Grafik nilai rata – rata jarak aman terhadap nilai <code>redLimit</code> pada kecepatan laju robot sebesar 48 cm/s, 40 cm/s dan 32 cm/s	32
Gambar 4.18	(a) Hasil <i>corner detection</i> tanpa <i>smoothing</i> pada citra. (b) Hasil <i>corner detection</i> dengan <i>smoothing</i> pada citra	33
Gambar 4.19	Pengujian sistem dengan penghalang berupa galon air mineral 20 liter .	34
Gambar 4.20	Pengujian sistem dengan penghalang berupa botol air mineral transparan	34
Gambar 4.21	Pengujian sistem dengan penghalang berupa kotak kardus polos	35
Gambar 4.22	Pengujian sistem dengan penghalang berupa kotak kardus bergambar ..	35
Gambar 4.23	Pengujian sistem pada kondisi di luar ruangan dengan menggunakan media gerak berupa mobil	36

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Keterangan parameter fungsi <code>cvtColor()</code>	13
Tabel 3.2	Keterangan parameter fungsi <code>goodFeaturesToTrack()</code>	14
Tabel 3.3	Keterangan parameter fungsi <code>calcOpticalFlowPyrLK()</code>	15
Tabel 4.1	Hasil pengujian jarak aman terhadap nilai <code>redLimit</code> dan kecepatan	31
Tabel 4.2	Hasil Pengujian Pengaruh Intensitas Cahaya di dalam ruangan	37
Tabel A.1	Hasil Pengujian Waktu Deteksi dan Jeda Waktu Transmisi	41



DAFTAR LAMBANG

Y	nilai intensitas pada citra <i>greyscale</i>
R	nilai intensitas <i>red</i> pada citra berwarna RGB
G	nilai intensitas <i>green</i> pada citra berwarna RGB
B	nilai intensitas <i>blue</i> pada citra berwarna RGB
I	nilai intensitas cahaya
I_x	gradien intensitas <i>pixel</i> pada sumbu x
I_y	gradien intensitas <i>pixel</i> pada sumbu y
I_t	gradien intensitas <i>pixel</i> pada ranah waktu
u	vektor perpindahan <i>pixel</i> pada sumbu x
v	vektor perpindahan <i>pixel</i> pada sumbu y
p_n	<i>point of interest</i>
A	matriks gradien intensitas pada ranah spasial
d	matriks perpindahan <i>pixel</i>
b	matriks gradien intensitas pada ranah waktu
R	nilai tingkat <i>corner detection</i>
λ_1	nilai <i>eigen</i> indeks 1
λ_2	nilai <i>eigen</i> indeks 2
K	matriks kernel <i>Normalized Box Filter</i>
K_w	jumlah kolom matriks kernel
K_h	jumlah baris matriks kernel
V_t	vektor <i>velocity</i>
$ V_t $	<i>magnitude velocity</i>
Δ_i	jarak titik FOE dengan titik <i>corner</i> hasil <i>corner detection</i>
θ_v	sudut yang dibentuk vektor <i>velocity</i> terhadap sumbu x
θ_{foe}	sudut yang dibentuk titik <i>corner</i> pada <code>prevFrame</code> dengan titik FOE terhadap sumbu x
T_{tc}	nilai <i>time to contact</i>